

JA-1978-12

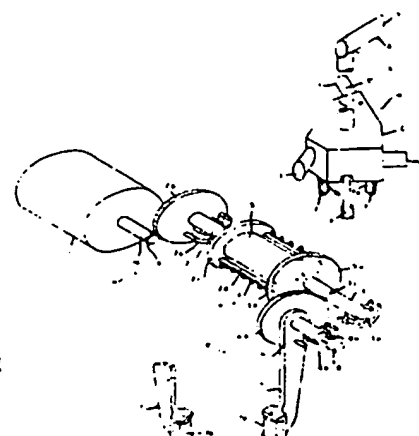
Best Available Copy

(54) GRASP MEANS AND GRASP METHOD IN ROBOT
SYSTEM

- (11) Kokai No. 53-145260 (43) 12.18.1978 (19) JP
(21) Appl. No. 52-59174 (22) 5.20.1977
(71) SHINMEIWA KOGYO K.K.(1) (72) HARUHIKO ASADA
(52) JPC: 83(3)B21
(51) Int. Cl²: B25J15/00

PURPOSE: To execute works, such as, parts assembly, etc. without troubles, by allowing the control of the grasp force of each pawl, and by allowing even control of grasp rigidity in some direction of an article to be grasped.

CONSTITUTION: A grasp means H is mounted to a nose of an arm A of a robot, which position is controlled along orthogonal three axes of X, Y, Z, so that the means H can be controlled at turning angle ϕ centering around a vertical turning axis V. Three pairs of grasp pawls 7, 7, 7, which own opening and closing directions in symmetrical shape to the axis V, are attached to casing C in the grasp means H. These grasp pawls 7 performs opening and closing drive through power transmitting means, such as, a pulse motor 1, an intermediate 1st shaft 2, an intermediate 2nd shaft 3, a cylindrical coil spring 4, spur gears 3c, 6b, etc., and the grasp force and



⑬日本国特許庁
公開特許公報

⑪特許出願公開
昭53—145260

⑤Int. Cl.²
B 25 J 15/00

識別記号

⑥日本分類
83(3) B 21

庁内整理番号
7632—3F

③公開 昭和53年(1978)12月18日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ロボットシステムにおける把握手段および把握方法

⑪特 願 昭52—59174

⑫出 願 昭52(1977)5月20日

特許法第30条第1項適用 昭和51年11月21日、
22、23日第19回自動制御連合講演会において発表

⑯発 明 者 浅田春比古
寝屋川市成田東が丘16番1号

⑰出 願 人 浅田春比古
寝屋川市成田東が丘16番1号

同 新明和工業株式会社
西宮市小曾根町1丁目5番25号

⑱代 理 人 井上正

明 細 書

1. 発明の名称

ロボットシステムにおける把握手段および把握方法

2. 特許請求の範囲

(1) ロボットシステムに設けられた旋回軸、この旋回軸に対称に開閉方向を有する3組の把握爪、これら把握爪の各々に接続された把握爪開閉動力手段、この動力手段と前記各把握爪間に弾性体を介在させてなる動力伝達手段、前記各弾性体の歪を検出する手段、および前記各把握爪の開度を検出する手段を具備してなる、ロボットシステムにおける把握手段。

(2) 前記把握爪開閉動力手段は、パルスモータとし、前記弾性体は前記パルスモータによつて回転する円板と、前記把握爪を開閉するべくした回転円板とにその両端を固設したコイルバネとし、前記歪検出手段は、前記両円板に、その固定部と回転部とを固設した回転角検出手段とした、特許請求の範囲第1項記載の、ロボットシステムにおけ

る把握手段。

(3) コンピュータによつて制御されるロボットシステムにおいて、旋回軸に対称に開閉方向を有する3組の把握爪の、各把握力を可変とし、この各把握力を前記コンピュータによつて制御することにより、把握した部品の、前記旋回軸と直角の任意方向の保持剛性を制御するべくしてなる、ロボットシステムにおける把握方法。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、ロボットシステムに使用して便な把握手段、およびその使用方法に関するものである。

トランスファーマシンとして、物体把握手段を備えたロボットシステムは周知である。しかしながら、従来のものにあつては、比較的単純な作業を行ないうるものはあつても、いわゆる高度な適応制御を可能として高度の作業をなしうるものは、その例が少なく、また種々の問題点があつた。

工業用ロボットによる作業のうちには、腕や手の絶対的な位置決め精度よりも、作業対象との相

対的な位置決め精度のほうが重要な場合が多い。はめあぎ組立作業に例をとれば、ロボットに把握された部品と相手部品の位置や姿勢は、はめあぎの精度が高くなるにつれて、正確さが要求されるのであるが、ロボットが2部品の位置関係を直接認識する手段をもてば、部品の形状や位置決めばらつき、あるいはロボット側の腕のたわみなどの要因にも適応した動作が可能となるものである。

従来の適応制御の例としては、ロボットの腕や手首に弾性体を用い、相手の物体にロボットの手を押しつけてこれより生じるひずみもしくは力を計測し、相互の位置関係を知り、例えばピンをピン穴にはめ合わせるものがある。しかしこれでは、単純な形状のはめあわせは可能であつても、複雑な形状の部品の相互の位置決めやはめ合せには適応が困難であるという問題点があつた。

そこで発明者は、組立作業など、物体間の接触や押しつけを要する作業において、より汎用性をもたせるためには、物品把握手段における把握力の制御に加えて、把持剛性く把握部品を把握手段

に対して変位させた場合の、抵抗力と、その変位の比)をも制御可能にすれば、前述した押しつけや、ならい動作が完全かつ自由に行なうことに着目し、この発明をなすに至つたものである。

この発明の概略は、旋回軸に対称に開閉する3組の把握爪を設け、これら把握爪をコイルばねなどの弾性体を介して開閉駆動を行ない、各把握爪の把握力および開度を検出可能とした、把握手段を用い、さらに前記弾性体の見掛け上のばね常数を制御して、任意の方向の把持剛性を任意に設定できるようにしたものである。

以下第1図、第2図を参照して、まず把握手段Hについて、その実施例を詳述する。

把握手段Hは、詳細は図示しないがX、Y、Zの直交3軸に沿つて位置制御される、公知のロボット装置の腕Aの先端に、垂直旋回軸Vまわりに旋回角を制御可能に設けられる。把握手段Hには、軸Vに対称に開閉方向を有する3組の把握爪7、7、7がケーシングCに固着される。より詳細に説明しよう。

1は爪開閉動力であり、ケーシングCに設けられる。動力1は例えばパルスモータなど、制御用コンピュータ(図示せず。以下同じ。)の指令によつて駆動制御せらるる公知のものでよい。この実施例の場合は、その低速時のトルクが大である点およびその保持特性を有する点を利用するべく、パルスモータを使用した。

2は中間第1軸である。軸2はケーシングCに軸支2aされる。軸2と動力1の軸1aとは、平歯車1b、2bによつて結合される。軸2の、平歯車2bの設けられている端部と反対側端部には、円板2cを固設する。円板2cにはさらに円筒2dを一体に突設する。

3は中間第2軸である。軸3はケーシングCに軸支3aされる。軸3の一端には円板3bが固設され、この円板3bが円筒2dの端面と微小すき間を有して、かつ同心に対峙するように組付けされる。

4は軸2と軸3とをフレキシブルに接続するべく、円筒2dに嵌装され、その両端が円板2c、

3bに固設された、弾性体としての円筒コイルばねである。

5は弾性体歪検出手段としての回転型ポテンシオメータであり、その本体と軸5aとは、それぞれ円板2cと3bとに同心に固設される。ポテンシオメータ5の出力はコンピュータに接続される。

6は把握爪用軸であり、ケーシングCに軸支6aされる。軸6は軸3と、平歯車3b、6bによつて結合される。

かくして、平歯車1b、2b、ばね4、平歯車3c、6bなどによつて、動力伝達手段Pが構成される。

7は爪本体である。本体7の基端は、軸6と一体に設けられる。本体7の先端には、爪7aを設ける。この実施例にあつては、垂直な軸によつて回転自在に支承されたローラで爪7aを構成する。

8は爪本体7の開度検出手段としての回転型ポテンシオメータであり、本体はケーシングCに、軸8aは軸6に、それぞれ固設される。

次に以上のような把握手段Hを有するロボット

システムを使用して、逆経制御を行なう一例を詳述する。

今第3図図示のような平面形状の柱状体部品Wがあり、この部品Wの側面を、固定部品の側面S1およびS2に沿わせて密着させるものとする。部品Wに固定された直交座標軸を ξ, η とし、その原点は平面形状の重心と一致させる。側面S1およびS2は、空間直交座標軸X, Yに沿うものとする。把握手段Hによつて部品Wを把握したときの、軸 ξ の軸入とのなす角 θ を、部品Wの姿勢とする。

ばね4のちぢみ寸法を ν_i とすれば、爪7aによる部品Wに対する力 f_i は、ばね4のばね定数を k_i とすれば

$$f_i = k_i \nu_i \dots \dots (1)$$

動力1を固定して考えれば、前述した把持剛性は物理的に定まるものであるが、これを可変とするため、動力1によりばね4の取付寸法 ν_i を可変としている。1つの爪7aのばね4のちぢみ ν_i を、他の2つの爪7aの開きと関連させて考え、爪7aの開き(爪7aを最も閉じた位置からの距離)

を σ_i であらわせば、

$$\nu_i = \sum_{j=1}^3 b_{ij} \sigma_j + c_i \dots \dots (2)$$

但し b_{ij} および c_i は、把持剛性を調節するための定数で、これらを任意に定めることにより、任意の方向の把持剛性を調節しうるものである。

(1), (2)式より、力 f_i は、

$$f_i = k_i \left(\sum_{j=1}^3 b_{ij} \sigma_j + c_i \right) \dots \dots (3)$$

この式で与えられる力の制御を各爪7aに施し、部品WのX, Y平面内におけるY, Y2方向と、回転 θ 方向の運動を対象とし、これらの方向の把持剛性を調節することについて以下説明する。

すなわち(3)式による力 f_i が、各爪7aの開閉方向に作用し、部品Wの重心にX方向の力 F_x 、およびY方向の力 F_y 、ならびに重心まわりのモーメントMが作用している。

第4図は、把握手段Hと、コンピュータを含む系のブロック図であり、部品Wの位置と姿勢を入力し、部品Wの受ける力とモーメントとを出力するものである。すなわち、ブロック1で示され

る個所は、部品Wの位置 X_0, Y_0 および姿勢 θ から、各爪7aについての、開き σ_i が、部品Wの平面形状によつて定まる関数 $h_i(x_0, y_0, \theta)$ で表わされることを示している。このときコンピュータは、 σ_i を計測し、(2)式の演算を行なう。ついで、各爪7aにおけるばね4のちぢみ寸法目標値 ν_{ri} が演算され、このちぢみ寸法の実測値(ポテンシオメータ5の出力値) ν_i との差を、動力1(第4図においては G_m で示されている)に出力する。動力1によるばね4の一端の変位 μ_i と、開き σ_i との和により、ばね4のちぢみ寸法 ν_i は定まり、それにばね4のばね定数 k_i を乗じて、力 f_i となる。ブロック2は、各爪7aの力 f_i より、部品Wに作用する力 F_x, F_y 、モーメントMが定まることを示し、爪7aの位置や部品Wの姿勢にも関係するため、 x_0, y_0, θ も入力の一つになっている。

次に、部品Wに作用する力やモーメントと、その変位との関係を考える。第3図に示す部品Wの平面形状が、座標系 ξ, η で、 $G(\xi) = 0$ なる関数

であらわせるものとし、X, Y座標系でその重心心が X_0 、姿勢 θ であるとする。各爪7aは単位ベクトル u_i の方向に開閉され、爪7aの位置 σ_i 、 u_i が部品Wの岡面上にあるときは、

$$G[A'(\sigma_i u_i - X_0)] = 0$$

Aは 2×2 回転行列 $\dots \dots (4)$

手段Hに把持された物体に作用する力とモーメントは、指先端のローラ7aと物体面のところがりを摩擦を無視すれば、

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} &= - \sum_{i=1}^3 \frac{f_i}{\cos \omega_i} n_i \\ M &= - \sum_{i=1}^3 \frac{f_i}{\cos \omega_i} (X_i - X_0) \times n_i \end{aligned} \right\} \dots \dots (5)$$

n_i は物体面の単位法ベクトル ω_i は n_i と u_i のなす角、とする。 f_i のみならず、 n_i, ω_i および X_i は物体の位置 $X_0 = (x_0, y_0)$ を姿勢 θ に依存する。これらに適当な変換を施せば(5)式は次のように書きかえられる。

$$F = -R' f \dots \dots (6)$$

ここで、 F および f は 3×1 のベクトル、 R は3

× 3 の行列で以下の成分をもつ。

$$\bar{F} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ M \end{bmatrix} \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} \frac{\partial \sigma_1}{\partial x_0} & \frac{\partial \sigma_1}{\partial y_0} & \frac{\partial \sigma_1}{\partial \theta} \\ \frac{\partial \sigma_2}{\partial x_0} & \frac{\partial \sigma_2}{\partial y_0} & \frac{\partial \sigma_2}{\partial \theta} \\ \frac{\partial \sigma_3}{\partial x_0} & \frac{\partial \sigma_3}{\partial y_0} & \frac{\partial \sigma_3}{\partial \theta} \end{bmatrix}$$

ここでRに見られる、 $\partial \sigma_i / \partial x_0$ 等は、(4)式を用いて計算できる。(4)式を物体の位置と姿勢について線形近似すれば、

$$\bar{F} = \bar{P} + \bar{Q} \Delta \bar{X}$$

$$\text{ここで } \Delta \bar{X} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ \theta \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \bar{x}_0 \\ \bar{y}_0 \\ \bar{\theta} \end{bmatrix} \text{ で、 } \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{\theta} \text{ は}$$

近似の中央点である。 \bar{P} および \bar{Q} は、3×1ベクトルと3×3行列で各指の運動のさせ方 b_{ij} , c_i と下記のような関係にある。

$$\bar{P} = -\bar{R}'K(\bar{B}\bar{\theta} + \bar{C})$$

$$\bar{Q} = -\left\{ \bar{R}'K\bar{B}\bar{R} + \sum_{i=1}^3 c_i \bar{R}'K(\bar{B}\bar{\theta} + \bar{C}) - \bar{S}_i \right\} \dots m$$

これは、(4)式を \bar{B} と \bar{C} について解くことから次のように求まる。

$$\bar{B} = K^{-1}(\bar{R}')^{-1} \left[\sum_{i=1}^3 c_i \bar{R}'P - \bar{S}_i - \bar{Q} \right] (\bar{R}')^{-1}$$

$$\bar{C} = -K^{-1}(\bar{R}')^{-1} \bar{P} - K^{-1}(\bar{R}')^{-1} \left[\sum_{i=1}^3 c_i \bar{R}'P - \bar{S}_i - \bar{Q} \right] \bar{R}'^{-1} \bar{\theta}$$

今第4図に示すようなシステムで、第3図のような部品Wを把握するのに、 θ の変化に対するMの増加を小さく、X、Y方向の変化に対する力、 F_x , F_y の増加を大となるように、プログラムをインプットしておき、手段Hを側面S2の方向に移動させることにより、部品Wは側面S2に当接する。この場合、 θ 回転に対する把持剛性が小で、Y方向の把持剛性が大である故に、部品Wは容易回転(この場合角 θ が零になる方向に回転)し、しかも、Y方向へは容易には変位せず、すなわち、このY方向の力 F_y の大なる変化を検出して、Y方向への移動を停止する。(図示1点鎖線の位置。)

次に側面S2方向(X方向)へ手段Hが移動させられ、部品Wが側面S2へ当接して、X方向の力 F_x の大なる変化を検出して、手段Hが停止させられる。(図示2点鎖線の位置。)

ここでは、記述を簡単化するため次のベクトルと行列を用いている。

$$B = (b_{ij}) C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} e_i = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} < i \quad \theta = \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \end{pmatrix}$$

$$S_i = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial x_0^2} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial x_0 \partial y_0} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial x_0 \partial \theta} \\ \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial x_0 \partial y_0} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial y_0^2} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial y_0 \partial \theta} \\ \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial x_0 \partial \theta} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial y_0 \partial \theta} & \frac{\partial^2 \sigma_i}{\partial \theta^2} \end{bmatrix}$$

\bar{R} , $\bar{\theta}$, \bar{S}_i は \bar{R} , $\bar{\theta}$, \bar{S}_i の(\bar{x}_0 , \bar{y}_0 , $\bar{\theta}$)での値である。

\bar{P} と \bar{Q} の意味を考えると、 \bar{P} は基準位置(\bar{x}_0 , \bar{y}_0 , $\bar{\theta}$)での物体に作用する力を表わし、 \bar{Q} は、ここでの物体変位と物体作用力の比を表わしている。すなわち \bar{Q} は一種の剛性を表わすもので、把持剛性と呼ぶ。 \bar{P} や \bar{Q} を指の運動のさせ方 b_{ij} と c_i により、自由に調節できるのが本方式の特長である。

次に所要の力 \bar{P} と把持剛性 \bar{Q} に調節するには、 b_{ij} や c_i をどのように設定すればよいかを導く。

かくして、部品Wは側面S1, S2に当接した位置に制御されたことになる。

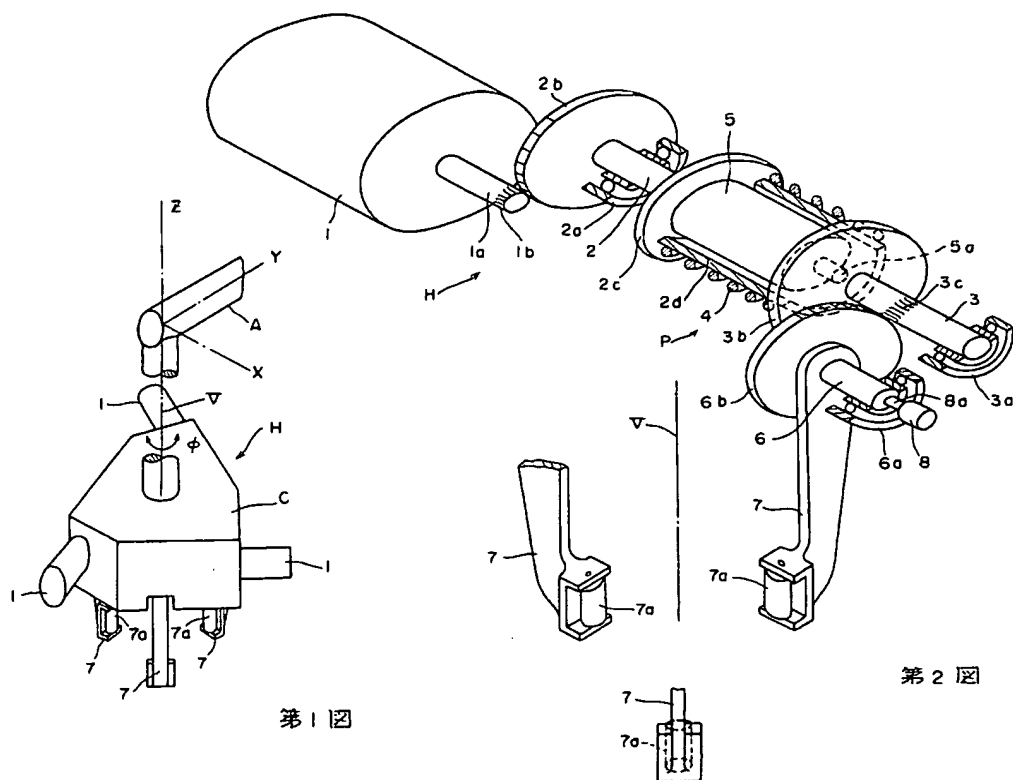
この発明は、前述した実施例以外に、この発明の技術的思想の範囲内における、種々の変形も、この発明の技術的範囲に含まれるものである。

この発明は前述したように、各爪の把握力を制御しうるようにしたから、把握物品のある方向の把持剛性を大小に制御することができ、部品組立などの場合における、適応制御を支障なく実施しうるものである。

4. 図面の簡単な説明

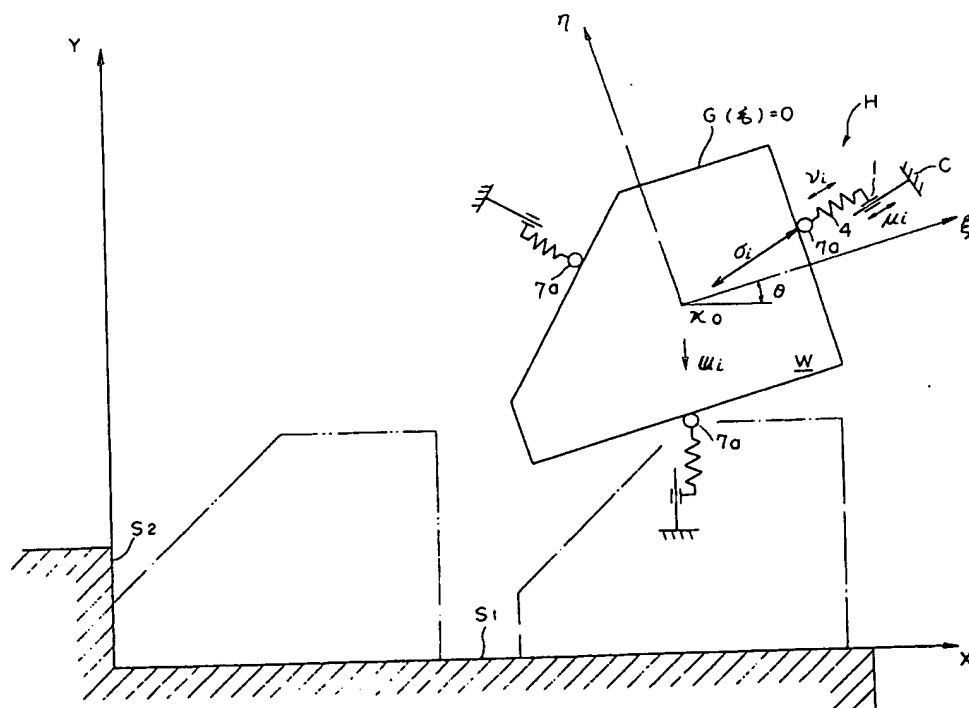
図面はいずれもこの発明の一実施例を示し、第1図は把握手段の斜面図、第2図は第1図の要部斜面図、第3図は部品把握説明平面図、第4図はコンピュータを含む系のブロック図である。

1…爪開閉動力(パルスモータ)、2c, 3b…円板、4…円筒コイルばね(弾性体)、5…回転型ポテンシヨメータ(弾性体変換手段)、8…回転型ポテンシヨメータ(爪開度検出手段)、7a…爪、P…動力伝達手段、V…垂直旋回軸。

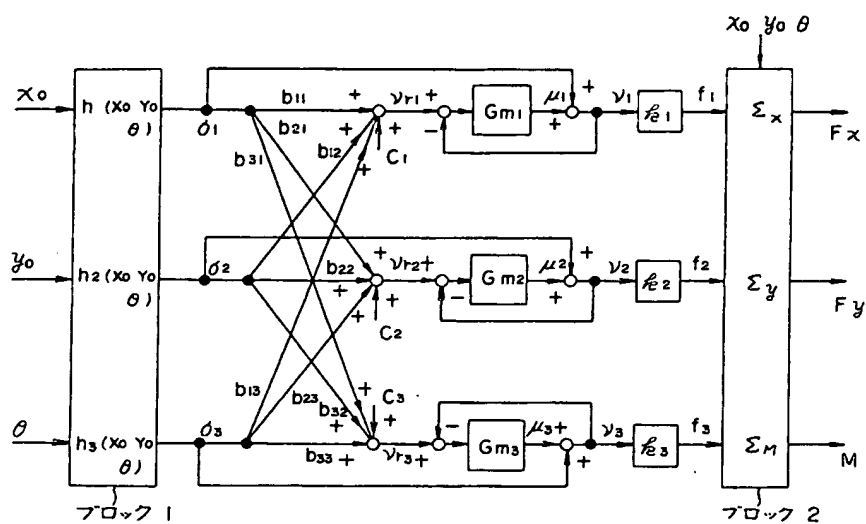


第1図

第2図



第3図



第 4 図